

Análise da relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas do setor automotivo no Brasil

Recebido em 21/novembro/2011

Aprovado em 29/outubro/2012

Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour*Universidade Estadual Paulista – Bauru/SP, Brasil***Adriano Alves Teixeira***Centro Universitário Toledo – Araçatuba/SP, Brasil***Wesley Ricardo de Souza Freitas***Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – Paranaíba/MS, Brasil***Charbel José Chiappetta Jabbour***Universidade Estadual Paulista – Bauru/SP, Brasil*Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editor Científico: Nicolau Reinhard

DOI: 10.5700/rausp1125

RESUMO

Argumentos de que a manufatura enxuta pode se relacionar positivamente com o desempenho operacional das empresas vêm se propagando pela literatura especializada desde a década de 1990. Entretanto, há uma lacuna teórico-empírica sobre tal temática, a qual carece de mais evidências que validem ou refutem tais argumentos para a realidade brasileira. Por isso, na pesquisa aqui relatada tem-se o objetivo de verificar, empiricamente, se a manufatura enxuta relaciona-se com o desempenho das operações de empresas do setor automotivo brasileiro, com foco no segmento de autopeças e componentes automotivos. Metodologicamente, realizou-se um *survey* com 75 empresas do setor mencionado, cujos dados foram analisados por meio de Modelagem de Equações Estruturais, uma análise multivariada de segunda geração. Os principais resultados da pesquisa são: de fato, a manufatura enxuta relaciona-se positivamente ao desempenho operacional do setor, validando a hipótese declarada neste artigo, mas essa relação é considerada apenas fraca, embora positiva e estatisticamente válida; todas as práticas de manufatura enxuta analisadas foram verificadas na prática, com destaque para a variável “melhoria contínua”, que apresentou maior média, e para a correlação entre a adoção de *Kanban* e *Just in Time*; o construto sobre desempenho operacional apresenta algumas práticas/medidas indicadas pela literatura especializada que não foram estatisticamente consideradas válidas, como inovação (novos produtos) e qualidade.

Palavras-chave: manufatura enxuta, desempenho operacional, modelagem de equações estruturais, Brasil.

This is an Open Access article under the [CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license.

Ana Beatriz Lopes de Sousa Jabbour, Mestre e Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de São Carlos, é Professora Assistente Doutora no Departamento de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (CEP 17033-360 – Bauru/SP, Brasil).

E-mail: abjabbour@feb.unesp.br

Endereço:

Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Departamento de Engenharia de Produção
Avenida Engenheiro Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14-01
17033-360 – Bauru – SP

Adriano Alves Teixeira, Especialista e Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Paulista, *Campus* de Bauru, é Doutorando em Administração na Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo e Professor no Centro Universitário Toledo (CEP 16015-270 – Araçatuba/SP, Brasil).

E-mail: aatadrianobirigui@gmail.com

Wesley Ricardo de Souza Freitas, Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Estadual Paulista, *Campus* de Bauru, é Doutorando em Administração na Universidade Nove de Julho e Professor Assistente na Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, *Campus* de Paranaíba (CEP 79500-000 – Paranaíba/MS, Brasil).

E-mail: wesley007adm@gmail.com

Charbel José Chiappetta Jabbour, Doutor em Engenharia de Produção pela Universidade de São Paulo, é Professor Adjunto (Livre-Docente I) do Departamento de Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru da Universidade Estadual Paulista (CEP 17033-360 – Bauru/SP, Brasil), Orientador de Mestrado e Doutorado do Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.

E-mail: prof.charbel@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

A partir da publicação do livro “A Máquina que Mudou o Mundo” (Womack, Jones, & Roos, 2004), o termo “produção enxuta” (ou manufatura enxuta ou *lean manufacturing*) ficou conhecido como sinônimo das práticas pioneiras da Toyota (Sistema Toyota de Produção) (Schonberger, 2007) e começou a se tornar um respeitável modelo de gestão da produção. A manufatura enxuta apresenta como pressuposto o aumento da produtividade, isto é, fazer mais com menos recursos e suprimir fontes de desperdícios ao longo da cadeia de valor (Shah & Ward, 2003).

Com a manufatura enxuta pode-se obter um melhor desempenho operacional, por meio da redução de custo (Ohno, 1988), produzindo com zero defeitos (Womack *et al.*, 2004) e foco nos almejos dos clientes (Dennis, 2008). Portanto, esses benefícios justificam a adoção de várias práticas de manufatura enxuta, como melhoria contínua, *Just in Time*, *Kanban*, desenvolvimento/colaboração com fornecedores, 5S, manutenção produtiva total, redução de lotes, funcionários multifuncionais e círculos *Kaizen* (Biazio & Panizzolo, 2000; Shah & Ward, 2003; Bhasin & Burcher, 2006; Pettersen, 2009).

Assim, os argumentos de *lean and competitive* tendem a influenciar as decisões empresariais sobre a adoção de práticas de manufatura enxuta. Entretanto, pouco se sabe sobre a relação entre manufatura enxuta e desempenho operacional de empresas brasileiras, existindo, portanto, uma lacuna teórico-empírica. Essa lacuna fica ainda mais evidente após a prospecção de trabalhos que utilizam métodos estatísticos mais robustos, como a Modelagem de Equações Estruturais. Dessa forma, pode-se afirmar que neste artigo se explora a lacuna teórico-empírica sobre o relacionamento entre manufatura enxuta e o desempenho operacional de empresas brasileiras, com foco no setor automotivo que, segundo Womack *et al.* (2004), é um dos mais adequados para a análise de tendências e comportamento de variáveis organizacionais emergentes.

Como consequência, a dúvida que motivou a pesquisa pode ser assim descrita:

- Estaria a manufatura enxuta relacionando-se positivamente com o desempenho operacional de empresas do setor automotivo brasileiro, com foco no segmento de autopeças e componentes automotivos?

Objetivou-se, portanto, verificar empiricamente se a manufatura enxuta estabelece relação positiva com o desempenho das operações de empresas do setor automotivo brasileiro, com foco no segmento de autopeças e componentes automotivos. De forma específica, almejou-se com a pesquisa:

- propor um *framework* relacional entre manufatura enxuta e desempenho operacional em empresas brasileiras do segmento de autopeças e componentes automotivos;
- realizar um *survey* com empresas do setor automotivo brasileiro, com foco no segmento de autopeças e componentes automotivos;

- verificar quais são as principais práticas que compõem a manufatura enxuta desse setor;
- verificar quais são as principais medidas de desempenho operacional desse setor; e
- testar a hipótese de relacionamento positivo entre manufatura enxuta e desempenho operacional no setor escolhido por meio de Modelagem de Equações Estruturais.

Este artigo contempla seis seções; a primeira é a introdução, em que se contextualiza a questão de pesquisa e delimitam-se os objetivos do artigo. A segunda é a fundamentação teórica, em que se apresentam definições e estudos anteriores para embasar o *framework* e a hipótese da pesquisa. A terceira refere-se aos procedimentos metodológicos, e nela apresenta-se a forma de coleta e análise de dados e justifica-se a escolha do objeto de estudo. Na quarta seção, abordam-se os resultados da pesquisa. A quinta e a sexta seções correspondem a, respectivamente, discussão dos resultados e considerações finais da pesquisa.

2. FUNDAMENTOS CONCEITUAIS, MODELO RELACIONAL E HIPÓTESE DE PESQUISA

2.1. Manufatura enxuta e desempenho operacional

O Sistema Toyota de Produção como prática gerencial surgiu após a Segunda Guerra Mundial, segundo Bhasin e Burcher (2006), como uma opção contra intuitiva ao sistema vigente, a produção em massa.

Após a Segunda Guerra Mundial, o Japão encontrava-se em condições adversas. A conjuntura econômica do país gerou implicações à empresa automotiva japonesa Toyota, como restrições de capital para investimentos, mercado consumidor pulverizado e de baixo volume (demanda por diferentes modelos de carros) e estoque de produtos acabados parados e elevados (Holweg, 2007; Dennis, 2008). A Toyota, a fim de suplantar esses obstáculos, demitiu uma parcela de seus empregados, gerando uma série de discussões com o sindicato. Dessas discussões, estabeleceu-se um acordo importante: aos funcionários remanescentes cabiam ser flexíveis e capazes de realizar qualquer tarefa e envolverem-se no processo de forma que não permitissem a geração de falhas. Em compensação, a Toyota garantiu-lhes o emprego vitalício e pagamentos atrelados a produtividade e senioridade (Dennis, 2008).

Tais cenários foram decisivos para a Toyota buscar uma diferente maneira de gerir a produção, evitando o foco exclusivamente na capacidade produtiva dos maquinários (Shimokawa & Fujimoto, 2011). Assim, em razão das restrições de capital, os maquinários comprados tinham menor capacidade produtiva, de maneira que lhes restava a alternativa de produzir em pequenos lotes, dando início à perspectiva de flexibilidade produtiva, o que gerou a possibilidade de acomodar as diferentes necessidades do mercado consumidor. Como consequência, era possível reduzir custos a partir da eliminação dos desperdícios, redução no uso excessivo de espaço (armazenamento) e da minoração de falhas (Holweg, 2007).

Para amparar as ideias de pequeno lote e flexibilidade produtiva, surgiram os dois pilares do Sistema Toyota de Produção: autonomia (*Jidoka*) e *Just in Time* (JIT) (Ohno, 1988; Holweg, 2007). O princípio da autonomia teve origem no funcionamento de teares de fábricas de tecelagem, em que tais equipamentos dispunham de um dispositivo capaz de descontinuar o seu funcionamento caso alguma operação estivesse sendo executada incorretamente. Esse princípio evoluiu e incorporou a intervenção do operador no processo automaticamente (por exemplo, *poka yoke*) ou manualmente. Assim, se houver uma falha na operação, o funcionamento do sistema produtivo é paralisado com o intuito de verificar as causas do problema. Isso só é possível quando existe pleno comprometimento dos funcionários no processo. Já o *Just in Time* difunde a lógica de que se deve produzir apenas o indispensável, no momento necessário e na quantidade requerida (Ohno, 1988).

Apesar de o Sistema Toyota de Produção ser debatido desde a década de 1950, por causa de sua evolução a partir das incorporações e adaptações das práticas ocidentais, a expressão “manufatura enxuta” ainda não apresenta uma clara definição conceitual (Shah & Ward, 2007; Pettersen, 2009). Por exemplo, Womack *et al.* (2004) afirmam, resumidamente, que manufatura enxuta significa fazer mais com menos. Já Shah e Ward (2007) definem manufatura enxuta como um sistema sócio-técnico integrado, cuja finalidade primária é eliminar desperdícios pela concomitante redução ou minimização da variabilidade interna, de fornecedores e de clientes. Para Scherrer-Rathje, Boyle e Deflorin (2009), manufatura enxuta é uma filosofia que objetiva identificar e eliminar desperdícios em toda a cadeia de valor do negócio, e não somente internamente à organização.

Entre os principais objetivos e metas da manufatura enxuta, têm-se redução de custo (Ohno, 1988), fabricação de produtos sem defeitos conforme a necessidade dos clientes (Womack *et al.*, 2004) e foco no cliente (Dennis, 2008). Assim, para que se possam atingir os objetivos relatados várias práticas podem ser estabelecidas. Com base nos trabalhos de Biazzo e Panizzolo (2000), Shah e Ward (2003), Bhasin e Burcher (2006) e Pettersen (2009), no Quadro 1 busca-se sistematizar as principais práticas e características associadas à produção enxuta.

Espera-se que a adoção dessas práticas de manufatura enxuta possam proporcionar vantagens em várias medidas do desempenho operacional das organizações (Quadro 2), englobando redução de custos, aumento da qualidade, flexibilidade, prazo de entrega, desenvolvimento de novos produtos, e *time-to-market* de novos produtos. Essas dimensões do desempenho operacional são largamente utilizadas pela literatura especializada, em especial nos trabalhos de González-Benito (2005) e de González-Benito e González-Benito (2005), entre outros. Embora existam diversos tipos de desempenho organizacional, como o financeiro e o mercadológico, nesta pesquisa aprecia-se apenas o desempenho organizacional em sua vertente operacional, uma vez que vem atraindo a atenção de expressivos pesquisadores e periódicos internacionais (Lai & Wong, 2012).

2.2. Framework e hipótese da pesquisa

Na Figura 1 é apresentado o *framework* da pesquisa com os relacionamentos entre os construtos de manufatura enxuta (LM, do termo inglês *Lean Manufacturing*) e de desempenho operacional (OP, do termo inglês *Operational Performance*). Com base nos conceitos apresentados na Seção 2.1, considera-se a seguinte hipótese de pesquisa:

Quadro 1

Práticas e Características Associadas à Produção Enxuta Consideradas na Pesquisa

Práticas e Características	Descrição
Melhoria contínua	Busca a contínua melhoria incremental em qualidade, custo, entrega e projeto.
<i>Just in Time</i>	Busca o fluxo contínuo da produção.
<i>Kanban</i>	Sistema de cartões para criar um fluxo puxado.
Desenvolvimento/colaboração de fornecedor	Atividades voltadas a desenvolver relacionamento com fornecedor a fim de obter sua colaboração.
5S	Uma forma de gestão visual destinada a reduzir a desordem e a ineficiência nos ambientes produtivo e administrativo.
Manutenção produtiva total	O objetivo é melhorar a confiabilidade e a capacidade das máquinas por meio de regimes periódicos de manutenção.
Redução de lote/redução de estoque	Formação de pequenos lotes de produção para reduzir o estoque em processo e aumentar a variedade.
Funcionário multifuncional/ envolvimento no processo	Desenvolvimento das habilidades dos funcionários e estímulo à autonomia para evitar falhas ao longo do processo.
Círculos de melhoria – <i>Kaizen</i>	Promoção de discussões sistemáticas entre operadores e gestores a fim de promover a melhoria incremental contínua.

Quadro 2

Medidas de Desempenho Operacional Consideradas na Pesquisa

Variáveis	Medidas	Fonte
Custo	Busca menor preço que os concorrentes e/ou obtenção do menor custo total de produção e/ou aumento da capacidade de produção resultando em custos inferiores.	Hayes e Wheelwright (1984) Avella, Fernández e Vázquez (2001) Christiansen, Berry, Bruun e Ward (2003) González-Benito (2005) Kaya, Caliskan e Gozlu (2007) Dal Pont, Furlan e Vinelli (2008) Chi, Kilduff e Gargeya (2009) Jabbour (2009) Furlan, Dal Pont e Vinelli (2011)
Qualidade	Fabricação de produção sem defeitos e/ou produtos duráveis.	Hayes e Wheelwright (1984) Avella <i>et al.</i> (2001) Christiansen <i>et al.</i> (2003) González-Benito (2005) Kaya <i>et al.</i> (2007) Dal Pont <i>et al.</i> (2008) Chi <i>et al.</i> (2009) Jabbour (2009) Furlan <i>et al.</i> (2011)
Flexibilidade	Mudanças rápidas de projetos de produtos, mudanças rápidas de volumes de produção, ampla variedade de produtos, e/ou mudança rápida de <i>mix</i> de produtos.	Hayes e Wheelwright (1984) Avella <i>et al.</i> (2001) Christiansen <i>et al.</i> (2003) González-Benito (2005) Kaya <i>et al.</i> (2007) Dal Pont <i>et al.</i> (2008) Chi <i>et al.</i> (2009) Jabbour (2009) Furlan <i>et al.</i> (2011)
Novos produtos	São produtos entrantes em um determinado mercado com a finalidade de atrair novos consumidores e/ou reter os atuais. Relaciona-se a produtos com novas características e funcionalidades.	Avella <i>et al.</i> (2001) Christiansen <i>et al.</i> (2003) González-Benito (2005) Kaya <i>et al.</i> (2007) Dal Pont <i>et al.</i> (2008) Chi <i>et al.</i> (2009) Jabbour (2009) Furlan <i>et al.</i> (2011)
Prazo de entrega	Consiste em um processo em que a empresa busca atender de maneira eficiente os prazos prometidos aos seus clientes.	Hayes e Wheelwright (1984) Avella <i>et al.</i> (2001) Christiansen <i>et al.</i> (2003) González-Benito (2005) Kaya <i>et al.</i> (2007) Dal Pont <i>et al.</i> (2008) Chi <i>et al.</i> (2009) Jabbour (2009) Furlan <i>et al.</i> (2011)
<i>Time-to-market</i>	Refere-se ao tempo de colocação de um novo produto em um determinado mercado, ou seja, o tempo que decorre desde a concepção até a disponibilização do item no ponto final de venda.	González-Benito (2005) González-Benito e González-Benito (2005)

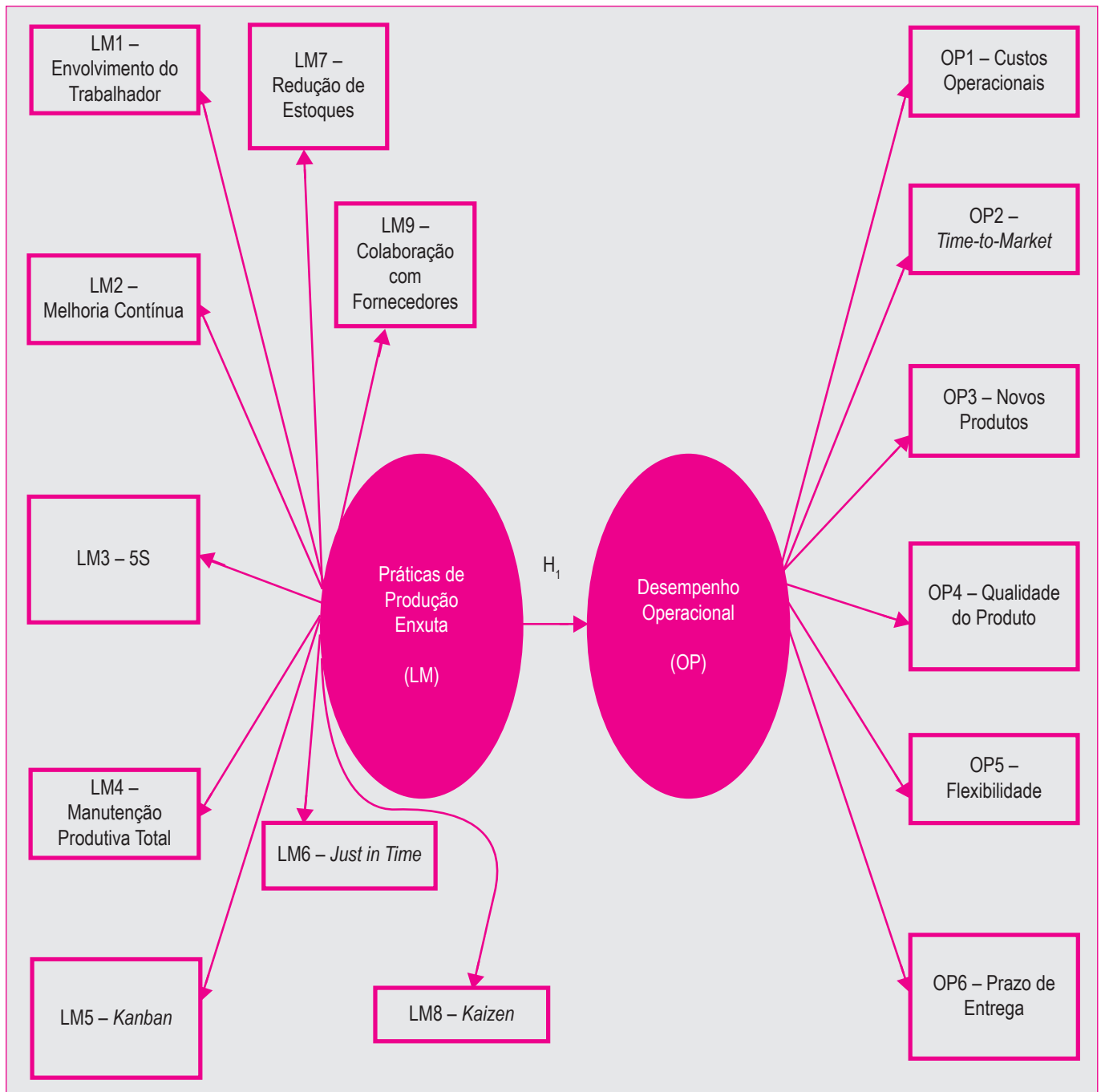


Figura 1: Framework Relacional da Hipótese da Pesquisa

- H_1 – A LM relaciona-se positivamente com o OP.

Esse *framework* relacional, bem como a hipótese nele circunscrita, foi testado empiricamente com base nos procedimentos metodológicos descritos a seguir.

3. MATERIAIS E MÉTODO DE PESQUISA

Desenvolveu-se a pesquisa à luz dos fundamentos da pesquisa quantitativa, baseada na estratégia *survey*, com a finali-

dade de teste de hipótese para a confirmação ou a refutação do *framework* de pesquisa apresentado na Figura 1 deste artigo. O setor-alvo da pesquisa é o automotivo brasileiro, em específico o segmento de autopeças. Com 26 montadoras, 53 fábricas e mais de 600 empresas de autopeças, o setor automotivo nacional tem uma capacidade produtiva instalada anual de 4,3 milhões de veículos e 109 mil máquinas agrícolas, posicionando o Brasil como um dos seis maiores produtores de veículos do mundo (ANFAVEA, 2011). Esses fatores concorrem para que o setor tenha uma participação direta no Produto Interno Bruto (PIB)

brasileiro de 5,2% (ANFAVEA, 2011). Esse pujante setor da economia foi viabilizado pela implantação de uma indústria de autopeças que, com as montadoras, participou de diversas inovações, como freios ABS, *air bags*, injeção eletrônica, computador de bordo, motores bicom bustíveis.

Para a coleta de dados da pesquisa, foi planejado um instrumento do tipo questionário fechado acerca dos conceitos previamente revisados na Seção 2.1 e elaborado segundo as recomendações contidas em Synodinos (2003). O questionário apresenta, em sua versão final de aplicação além de informações sobre a caracterização das empresas respondentes, dois blocos de assertivas, um para o construto “Manufatura Enxuta (LM)” e outro para “Desempenho Operacional (OP)”, uma vez que o principal objetivo neste artigo é testar o relacionamento entre esses dois construtos. Esse questionário, apresentado no Apêndice 1, contava com nove assertivas sobre manufatura enxuta (uma assertiva para cada prática de manufatura enxuta) e seis assertivas sobre desempenho operacional (uma questão para cada medida de desempenho operacional). A primeira versão do questionário foi submetida à validação de conteúdo, por meio da análise de cinco pesquisadores na área de Gestão de Operações, além de adequação aos pressupostos conceituais atinentes à literatura revisada. O questionário, em sua versão final, foi hospedado em um ambiente virtual especialmente elaborado para a pesquisa, com interface amigável aos seus respondentes. Adotou-se uma escala Likert de 5 pontos, em que 1 representa “discordo totalmente” e 5 “concordo totalmente”, conforme o Apêndice 1 deste artigo.

A coleta de dados ocorreu entre os meses de outubro de 2010 e março de 2011. Primeiramente, foram coletados endereços de *e-mail* e informações telefônicas, com o Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores, de 654 empresas do setor automotivo (segmento de autopeças) localizadas no Brasil. Foram enviados *e-mails* para esse conjunto de empresas, contendo uma breve explicação sobre os propósitos da pesquisa e um convite para participação direcionado ao gestor de produção/operações. No texto do *e-mail* enviado, havia um *link* direcionando o respondente potencial para o questionário hospedado no ambiente virtual da pesquisa. Também foram realizadas ligações telefônicas orientadas para o aumento da taxa de retorno de questionários válidos, em que se buscou contatar o funcionário responsável pela área de Produção/Operações de cada empresa listada no banco de dados da pesquisa.

Foram coletados 72 questionários por meio do *site* da pesquisa e 4 questionários coletados por meios alternativos, conforme solicitado pelos respectivos respondentes (por correspondência tradicional ou *e-mail*). Foram, assim, obtidos 76 questionários, dos quais 1 foi desconsiderado por estar incompleto, isto é, com excessivos *missing values*. Totalizou-se, portanto, uma taxa de retorno de 11,11% (75 questionários válidos), valor considerado adequado diante dos percentuais indicados por Synodinos (2003). Como o modelo conceitual

proposto apresenta 15 variáveis, segundo Hair Jr., Babin, Money e Samouel (2005), deveriam ser coletados, no mínimo, 75 questionários, exatamente a quantidade obtida na pesquisa. Assim, espera-se que as análises aqui desenvolvidas possam representar, em alguma medida, o comportamento de interação entre produção enxuta e desempenho operacional do setor analisado, sem maiores pretensões de extrapolação. Cada questionário respondido iniciava uma ação de preenchimento automático de uma planilha de dados para posterior processamento estatístico.

O *framework* de pesquisa (apresentado na Seção 2.2) guiou o processo de análise de dados, que envolveu o uso de procedimentos estatísticos com o suporte de planilhas de dados, do *Software Statistical Package for Social Sciences* da IBM (Versão 19.0) e do *Software Smart PLS 2.0*. Na Seção 4 apresentam-se, detalhadamente, os procedimentos estatísticos associados a cada um dos resultados obtidos. Na Seção 5, de discussões, é apresentado um quadro de consolidação da validade ou rejeição da hipótese da pesquisa.

4. RESULTADOS

A síntese das variáveis, tanto do construto Manufatura Enxuta (LM), quanto para o construto Desempenho Operacional (OP), foi feita usando a Análise de Componentes Principais, pelo método *varimax*. Esse procedimento foi realizado independentemente para os construtos LM e OP. Nesse primeiro procedimento, os principais indicadores de qualidade estatística foram:

- Adequação da amostra para cada fator individual pelo teste *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO). O teste KMO verifica o valor da correlação entre as variáveis e, se o valor for insuficiente, isto é, o teste KMO próximo de zero, a utilização da análise fatorial pode ser considerada inadequada. Por outro lado, se esse valor for próximo a um, a análise fatorial poderá ser empregada (Viana, 2005).
- Cálculo do Alfa de *Cronbach* para cada fator. O Alfa de *Cronbach* é usado para medir a confiabilidade dos construtos. Entende-se por confiabilidade a medida da consistência interna das respostas entre os respondentes para um único construto (Kline, 2005).
- Teste *Bartlett* de Esfericidade. O Bartlett testa a hipótese de a matriz de correlação ser a matriz identidade, cujo determinante é igual a um (Pestana & Gageiro, 2003). Tal teste é utilizado para analisar a matriz de correlação como um todo.
- Diagonal principal da Matriz Anti-Imagem, que deve apresentar valores acima de 0,6.
- Comunalidades das variáveis, que explica a aderência de uma dada variável aos diversos fatores de uma análise fatorial.
- O autovalor (*eigenvalues*) para cada fator, tendo sido extraídos os fatores com valores iguais ou superiores a 1,0. O autovalor de um fator indica o quanto de variância da nuvem de dados é absorvido por ele (Aranha & Zambaldi, 2008).
- A variância acumulada explicada.

A Análise de Componentes Principais passou a revelar apenas cargas de variáveis acima de 0,6, fatores com autovalor maior que 1 e coeficientes da diagonal da Matriz Anti-Imagem maiores do que 0,6. Verificou-se, também, se a comunalidade das variáveis é igual ou superior a 0,5 (Hair Jr. *et al.*, 2005). Em relação ao construto Manufatura Enxuta (LM) (Tabela 1), apenas um fator foi formado, explicando uma variância acumulada aproximada de 64,27%, com autovalor de 5,78 e valores adequados na diagonal principal da Matriz Anti-Imagem (0,917; 0,904; 0,927; 0,903; 0,867; 0,841; 0,891; 0,943; 0,908). O teste KMO, que verifica a adequação da amostra, foi de 0,900, considerado adequado, assim como o valor obtido com o teste *Bartlett* de Esfericidade (460,202, com adequado nível de significância) e pelo Alfa de *Conbrach* (0,927). Todas as variáveis do construto LM apresentaram valores satisfatórios.

Tabela 1

Resultado da Análise de Componentes Principais para Manufatura Enxuta

Variáveis	Carga	Comunalidades
LM1	0,79	0,63
LM2	0,84	0,71
LM3	0,81	0,65
LM4	0,81	0,66
LM5	0,74	0,54
LM6	0,81	0,65
LM7	0,82	0,67
LM8	0,82	0,68
LM9	0,75	0,57

Após o refinamento do construto Manufatura Enxuta (LM) acima relatado, percebe-se que a variável LM2 – Busca Sistemática pela Melhoria Contínua – foi aquela que obteve maior média entre as práticas de LM (Tabela 2).

Realizou-se também o teste de coeficiente de correlação de Pearson (Tabela 3), em que se verificou que todas as variáveis LM1-LM9 apresentam correlações significativas, com destaque para a relação entre LM5 (*Kanban*) e LM6 (*Just in Time*).

Em relação ao construto Desempenho Operacional (OP), também apenas um fator foi formado, explicando uma variância acumulada aproximada de 66,79% com autovalor de 2,672 e valores adequados na diagonal principal da Matriz Anti-Imagem (respectivamente 0,80; 0,80; 0,73; 0,73). O teste KMO, que verifica a adequação da amostra, foi de 0,766, e é considerado adequado, assim como o valor obtido com o teste *Bartlett* de Esfericidade (116,10, com adequado nível de significância) e pelo Alfa de

Tabela 2

Média e Desvio Padrão das Variáveis do Construto Manufatura Enxuta

Variáveis	Média	Desvio Padrão
LM1	3,69	1,12
LM2	3,86	1,05
LM3	3,78	1,18
LM4	3,20	1,27
LM5	2,90	1,41
LM6	3,04	1,42
LM7	3,52	1,01
LM8	3,20	1,37
LM9	3,17	1,18

Tabela 3

Correlação de Pearson para as Variáveis do Construto Manufatura Enxuta

	LM1	LM2	LM3	LM4	LM5	LM6	LM7	LM8	LM9
LM1	1								
LM2	0,737*	1							
LM3	0,637*	0,708*	1						
LM4	0,627*	0,653*	0,671*	1					
LM5	0,499*	0,479*	0,518*	0,535*	1				
LM6	0,512*	0,568*	0,546*	0,657*	0,771*	1			
LM7	0,600*	0,643*	0,528*	0,534*	0,615*	0,701*	1		
LM8	0,598*	0,688*	0,638*	0,579*	0,530*	0,581*	0,677*	1	
LM9	0,524*	0,567*	0,590*	0,592*	0,419*	0,497*	0,627*	0,647*	1

Nota: *valor mínimo de $p < 0,05$.

Conbrach (0,83). O construto Desempenho Operacional (OP) (Tabela 4) passou a ser formado pelas variáveis OP1, OP2, OP5 e OP6. As variáveis OP3 e OP4 foram excluídas da análise por apresentarem, respectivamente, baixas comunalidades de 0,38 e 0,43.

Tabela 4

Resultado da Análise de Componentes Principais para Desempenho Operacional

Variáveis	Carga	Comunalidades
OP1	0,79	0,64
OP2	0,78	0,62
OP5	0,84	0,71
OP6	0,84	0,70

Após o refinamento do construto Desempenho Operacional (OP) acima relatado, percebe-se que a variável OP6 (capacidade de atendimento aos prazos estabelecidos pelos clientes) foi aquela que obteve maior média entre as medidas de desempenho operacional (Tabela 5).

Tabela 5

Média e Desvio Padrão das Variáveis do Construto Desempenho Operacional

Variáveis	Média	Desvio Padrão
OP1	4,25	0,89
OP2	4,11	0,89
OP5	4,34	0,74
OP6	4,36	0,78

Realizou-se também o teste de coeficientes de correlação de Pearson (Tabela 6), no qual se verifica que todas as variáveis OP1, OP2, OP5 e OP6 apresentam correlações significativas, com destaque para a relação entre OP5 (flexibilidade para adaptar aos clientes) e OP6 (capacidade para atender aos prazos dos clientes).

Tabela 6

Correlação de Pearson para as Variáveis do Construto Desempenho Operacional

	OP1	OP2	OP5	OP6
OP1	1			
OP2	0,58*	1		
OP5	0,51*	0,52*	1	
OP6	0,53*	0,50*	0,70*	1

Nota: *valor mínimo de $p < 0,05$.

Em seguida, a *Structural Equation Modeling – Partial Least Squares* (SEM-PLS) foi utilizada. A Modelagem de Equações Estruturais por meio de PLS é considerada uma análise multivariada de segunda geração. Ela é especialmente útil quando se trabalha com teoria complexa (relacionando conceitos tradicionais, como manufatura enxuta e desempenho operacional) ou em estágios iniciais de desenvolvimento. Um modelo (Figura 2) foi criado contendo os construtos obtidos a partir da Análise de Componentes Principais, como explicado acima. O objetivo desse procedimento foi testar a validade e a confiabilidade do modelo. As análises foram realizadas usando o *software SmartPLS 2.03* (Sosik, Kahai & Piovoso, 2009).

Indicadores de boa qualidade para o modelo proposto foram alcançados em termos de variância média extraída (validade convergente), confiabilidade composta, alfa de Cronbach e comunalidades, tanto para o construto LM quanto para o OP. A Tabela 7 mostra que todos os valores de confiabilidade composta são superiores a 0,7 e todos os valores de Variância Média Extraída são superiores a 0,5 (Foltz, Schwager & Anderson, 2008). Os coeficientes de alfa de Cronbach e as comunalidades também são considerados adequados.

Uma das formas para garantir a validade é verificar se as variáveis realmente apresentam cargas mais elevadas em seus fatores de origem (Costa, Souza & Silva, 2008). Essa análise obteve resultados adequados (Tabela 8).

Com vistas ao teste de robustez do modelo, um *bootstrap* de 1.000 subamostras foi utilizado para estimar a significância estatística das relações entre as variáveis propostas e os construtos correspondentes (Figura 3).

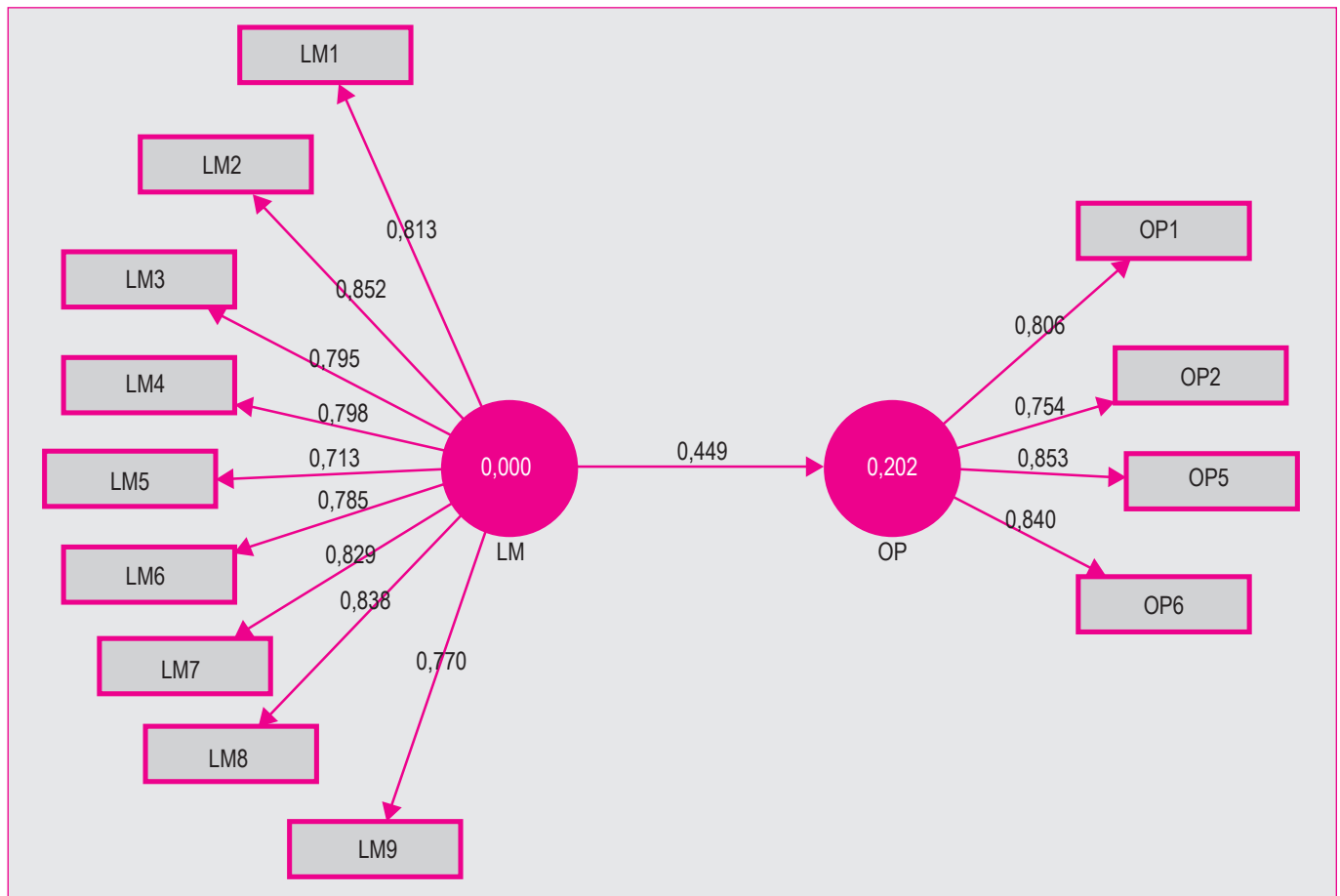
Todas as relações do modelo são estatisticamente válidas ao nível de significância (valor p) menor ou igual a 0,01, conforme a Tabela 9.

5. DISCUSSÕES

No Quadro 3, consolida-se o nível de validade da hipótese de pesquisa declarada na Seção 2.2 deste artigo.

Percebe-se que o construto manufatura enxuta teve todas as suas variáveis validadas. Entre todas as práticas, a “busca sistemática pela melhoria contínua” foi aquela que obteve maior média de implantação e foi também a variável mais importante no teste do modelo para o construto LM. Em termos de correlação, verificou-se interdependência entre todas as variáveis de manufatura enxuta, com destaque para a relação entre LM5 (*Kanban*) e LM6 (*Just in Time*). Essa correlação pode ser explicada pela importância dos sistemas *Kanban* para a implementação do *Just in Time*.

A hipótese H_1 , de que a manufatura enxuta se relaciona positivamente com o desempenho operacional das empresas da amostra foi validada. Essa validação é corroborada por argumentos clássicos da literatura sobre os benefícios da manufatura enxuta, que emergiram na década de 1980 em diante (Ohno, 1988; Womack *et al.*, 2004). A relação entre LM e OP



Nota: LM = Manufatura Enxuta. OP = Desempenho Operacional.

Figura 2: Modelo Estrutural

Tabela 7

Valores de Confiabilidade e de Validade do Modelo Estrutural

Construtos	Variância Média Extraída (AVE)	Confiabilidade Composta	R²	Alfa de Cronbach	Comunalidade
LM	0,64	0,94	–	0,93	0,64
OP	0,66	0,88	0,20	0,83	0,66

Nota: LM = Manufatura Enxuta. OP = Desempenho Operacional.

pode, portanto, ser considerada positiva, mas com intensidade relativamente fraca, uma vez que o R^2 obtido foi de aproximadamente 0,2. Assim, podem existir outros construtos organizacionais que, além da manufatura enxuta, estão influenciando o desempenho operacional das empresas da amostra.

Por fim, sobre a configuração do construto desempenho operacional, ela foi apenas parcialmente validada, uma vez que as variáveis OP3 e OP4 foram consideradas estatisticamente insuficientes na fase exploratória da pesquisa. De qualquer forma, esse resultado indica a necessidade de novas pesquisas para entendê-lo profundamente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta da pesquisa relatada foi verificar se a manufatura enxuta influencia positivamente o desempenho das operações de empresas do setor automotivo brasileiro, com foco no segmento de autopeças e componentes automotivos. Para tanto, elaborou-se um *framework* com hipótese de pesquisa (H_1) que foi testada à luz das evidências de 75 empresas do setor no Brasil. Após o processamento e a análise dos resultados por meio de Modelagem de Equações Estruturais, os principais resultados foram:

Tabela 8

Cargas Cruzadas para Avaliação de Validade Discriminante

	LM	OP
LM1	0,81	0,44
LM2	0,85	0,41
LM3	0,79	0,23
LM4	0,79	0,29
LM5	0,71	0,24
LM6	0,78	0,28
LM7	0,82	0,37
LM8	0,83	0,42
LM9	0,77	0,39
OP1	0,39	0,80
OP2	0,27	0,75
OP5	0,41	0,85
OP6	0,36	0,84

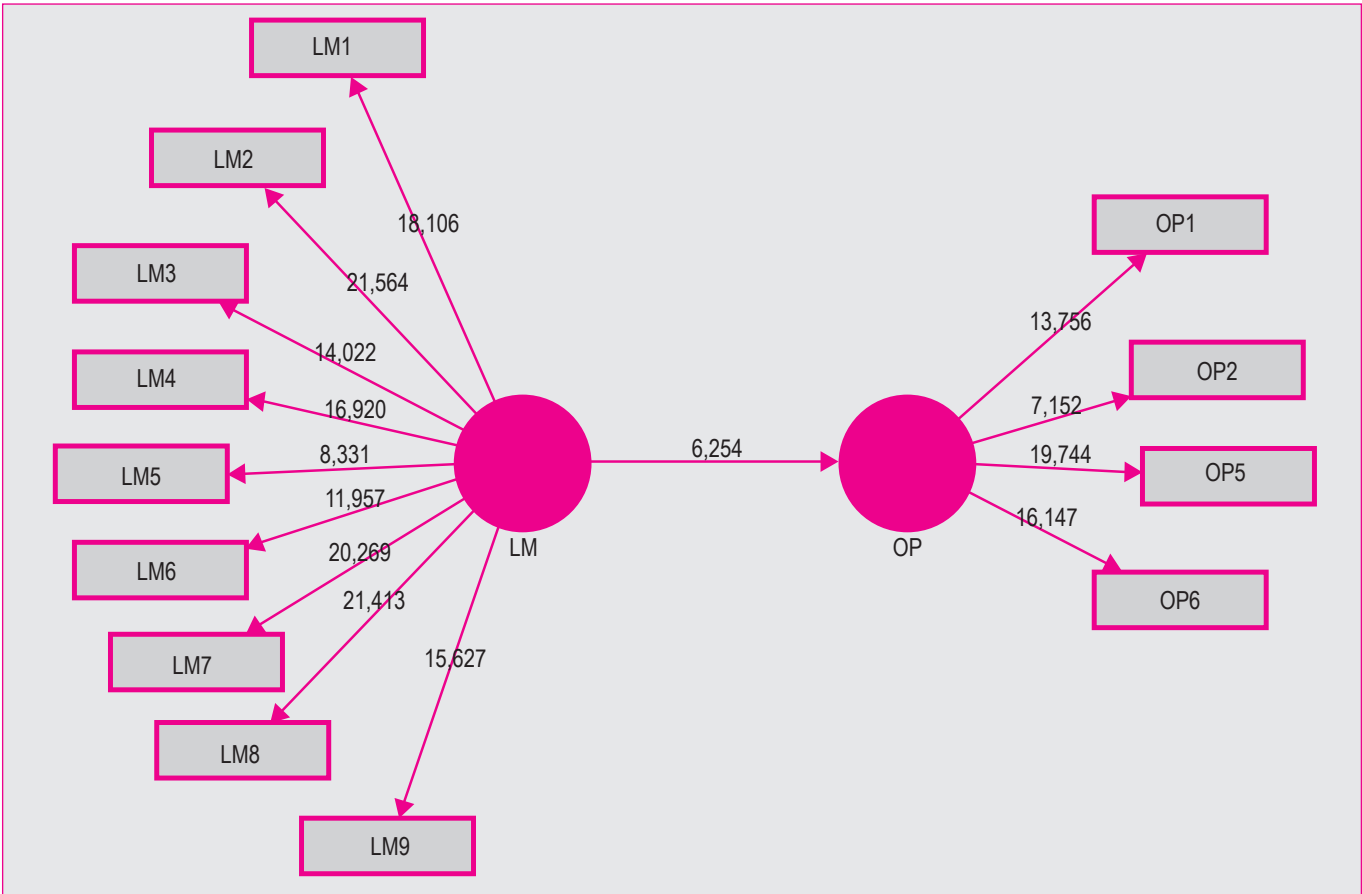
Nota: LM = Manufatura Enxuta. OP = Desempenho Operacional.

Tabela 9

Significância dos Coeficientes dos Relacionamentos do Modelo

Relacionamentos	Coeficiente	Teste t	Significância
LM -> OP	0,45	6,25	*
LM1 <- LM	0,81	18,10	*
LM2 <- LM	0,85	21,56	*
LM3 <- LM	0,79	14,02	*
LM4 <- LM	0,79	16,91	*
LM5 <- LM	0,71	8,33	*
LM6 <- LM	0,78	11,95	*
LM7 <- LM	0,82	20,26	*
LM8 <- LM	0,83	21,41	*
LM9 <- LM	0,77	15,62	*
OP1 <- OP	0,80	13,75	*
OP2 <- OP	0,75	7,15	*
OP5 <- OP	0,85	19,74	*
OP6 <- OP	0,84	16,14	*

Notas: LM = manufatura enxuta. OP = desempenho operacional. *valor p<0,01.



Nota: LM = Manufatura Enxuta. OP = Desempenho Operacional.

Figura 3: Modelo Testado com Bootstrapping de 1.000 Subamostragens

Quadro 3

Consolidação do Nível de Validade da Hipótese de Pesquisa

Hipótese	Assertiva	Nível de Validade	Justificativa
H ₁	A Manufatura Enxuta influencia positivamente o Desempenho Operacional do setor de autopeças brasileiro.	Válida	Nível de significância adequado

- A manufatura enxuta influencia positivamente o desempenho operacional do setor, confirmando a principal hipótese da pesquisa. A relação entre LM e OP pode, portanto, ser considerada positiva, mas com intensidade fraca, uma vez que o R² obtido foi de aproximadamente 0,2. Assim, podem existir outros construtos organizacionais que, além da manufatura enxuta, estão influenciando o desempenho operacional das empresas da amostra.
- Todas as práticas de manufatura enxuta analisadas foram verificadas na prática, com destaque para a variável “melhoria contínua”, que apresentou maior média, e para a correlação entre a adoção de *Kanban* e *Just in Time*.
- O desempenho operacional possui algumas práticas/medidas indicadas pela literatura especializada, que não se mostraram estatisticamente suficientes para serem consideradas nos resultados da pesquisa, quais sejam, novos produtos e qualidade.
- A variável “capacidade de atendimento aos prazos estabelecidos pelos clientes” foi aquela que obteve maior média entre as medidas de desempenho operacional.
- As variáveis de “flexibilidade para adaptar aos clientes” e “capacidade para atender aos prazos dos clientes” mos-

traram-se altamente correlacionadas para o construto de desempenho operacional.

Para a continuidade deste estudo, recomenda-se pesquisar:

- Os motivos que levam as variáveis “inovação” (novos produtos) e “qualidade” a não serem estatisticamente válidas para a amostra.
- A relação entre a manufatura enxuta e outros conceitos de gestão organizacional, como desempenhos financeiro e mercadológico.
- O relacionamento entre manufatura enxuta e desempenho operacional para outros setores industriais que não o de autopeças.
- Outros construtos organizacionais que podem estar influenciando o desempenho operacional.

As limitações da pesquisa relatada que podem ser destacadas são: o tamanho da amostra que, apesar de todo esforço de coleta de dados, contou com apenas 75 empresas participantes; a restrição de analisar um único setor industrial; e a relativa restrição de variáveis imposta ao construto de desempenho operacional. ♦

REFERÊNCIAS

- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). (2011). *Informações*. Recuperado em junho, 2011, em <http://www.anfavea.org.br>
- Aranha, F., & Zambaldi, F. (2008). *Análise fatorial em administração*. São Paulo: Cengage Learning.
- Avella, L., Fernández, E., & Vázquez, C. J. (2001). Analysis of manufacturing strategy as an exploratory factor of competitiveness in the large Spanish industrial firm. *International Journal of Production Economics*, 72, 139-157. doi: 10.1016/S0925-5273(00)00099-2
- Bhasin, S., & Burcher, P. (2006). Lean viewed as a philosophy. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(1), 56-72. doi: 10.1108/17410380610639506
- Biazzo, S., & Panizzolo, R. (2000). The assessment of work organization in lean production: the relevance of the worker's perspective. *Integrated Manufacturing Systems*, 11(1), 6-15. doi: 10.1108/09576060010303622
- Chi, T., Kilduff, P. P. D., & Gargeya, V. B. (2009). Alignment between business environment characteristics, competitive priorities, supply chain structures, and firm business performance. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 58(7), 645-669. doi: 10.1108/17410400910989467
- Christiansen, T., Berry, W. L., Bruun, P., & Ward, P. (2003). A mapping of competitive priorities, manufacturing practices, and operational performance in groups of Danish manufacturing companies. *International Journal of Operations & Production Management*, 23(10), 1163-1183. doi: 10.1108/01443570310496616
- Costa, A. C. F., Souza, S. S., & Silva, L. C. T. (2008). Investigação sobre a satisfação do usuário dos serviços prestados pelo metrô de São Paulo: um estudo exploratório, descritivo e ilustrativo com a utilização do modelo de equações estruturais. *Revista de Gestão da USP*, 15(especial), 93-108.

- Dal Pont, G., Furlan, A., & Vinelli, A. (2008). Interrelationships among lean bundles and their effects on operational performance. *Operations Management Research*, 1(2), 150-158. doi: 10.1007/s12063-008-0010-2
- Dennis, P. (2008). *Produção lean simplificada*. Porto Alegre: Bookman.
- Foltz, C. B., Schwager, P. H., & Anderson, J. E. (2008). Why users (fail to) read computer usage policies. *Industrial Management & Data Systems*, 108(6), 701-712. doi: 10.1108/02635570810883969
- Furlan, A., Dal Pont, G., & Vinelli, A. (2011). On the complementarity between internal and external just-in-time bundles to build and sustain high performance manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 133(2), 489-495. doi: 10.1016/j.ijpe.2010.07.043
- González-Benito, J. (2005). A study of the effect of manufacturing proactivity on business performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(3), 222-241. doi: 10.1108/01443570510581844
- González-Benito, J., & González-Benito, O. (2005). Environmental proactivity and business performance: an empirical analysis. *Omega: The International Journal of Management Science*, 33(1), 1-15. doi: 10.1016/j.omega.2004.03.002
- Hair Jr., J. F., Babin, B., Money, A. H., & Samouel, P. (2005). *Fundamentos de métodos de pesquisa em administração*. Porto Alegre: Bookman.
- Hayes, R. H., & Wheelwright, S. C. (1984). *Restoring our competitive edge – competing through manufacturing*. USA: John Wiley & Sons.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(2), 420-437. doi: 10.1016/j.jom.2006.04.001
- Jabbour, A. B. L. S. (2009). *Prioridades competitivas da produção e práticas de gestão da cadeia de suprimentos: uma survey no setor eletrônico brasileiro*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, São Paulo, Brasil.
- Kaya, E., Caliskan, F. D., & Gozlu, S. (2007). Manufacturing performance criteria: an AHP application in a textile company. *PICMET 2007 Proceedings*, 5-9 August, Portland, Oregon – USA.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling*. New York: Guilford.
- Lai, K., & Wong, C.W.Y. (2012). Green logistics management and performance: some empirical evidence from Chinese manufacturing exporters. *Omega: The International Journal of Management Science*, 40(3), 267-282. doi: 10.1016/j.omega.2011.07.002
- Ohno, T. (1988). *Toyota production system: beyond large scale production*. Cambridge: Productivity Press.
- Pestana, M. H., & Gageiro, J. N. (2003). *Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS*. Lisboa: Sílabo.
- Pettersen, J. (2009). Defining lean production: some conceptual and practical issues. *The TQM Journal*, 21(2), 127-142. doi: 10.1108/17542730910938137
- Scherrer-Rathje, M., Boyle, T. A., & Deflorin, P. (2009). Lean, take two! Reflections from the second attempt at lean implementation. *Business Horizons*, 52, 79-88. doi:10.1016/j.bushor.2008.08.004
- Schonberger, R. J. (2007). Japanese production management: an evolution – with mixed success. *Journal of Operations Management*, 25(2), 403-419. doi: 10.1016/j.jom.2006.04.003
- Shah, R., & Ward, P. T. (2003). Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. *Journal of Operations Management*, 21(2), 129-149. doi: 10.1016/S0272-6963(02)00108-0
- Shah, R., & Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25, pp.785-805.
- Shimokawa, K., & Fujimoto, T. (2011). *O nascimento do lean: conversas com Taiichi Ohno, Eiji Toyoda e outras pessoas que deram forma ao modelo Toyota de gestão*. Porto Alegre: Bookman.
- Sosik, J. J., Kahai, S. S., & Piovoso, M. J. (2009). Silver bullet or voodoo statistics? A primer for using least squares data analytic technique in group and organization research. *Group Organization Management*, 34(1), 5-36. doi: 10.1177/1059601108329198
- Synodinos, N. E. (2003). The “art” of questionnaire construction: some important considerations for manufacturing studies. *Integrated Manufacturing Systems*, 14(3), 221-237. doi: 10.1108/09576060310463172
- Viana, A. B. N. (2005). *Estatística aplicada a administração: análise do uso em pesquisa na área e construção de ambiente virtual de ensino-aprendizagem*. Tese de Livre Docência. Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil.
- Womack, P. J., Jones, D. T., & Roos, D. (2004). *A máquina que mudou o mundo*. Rio de Janeiro: Elsevier.

ABSTRACT

Analyzing the relationship between lean manufacturing and operational performance of the automotive sector's companies in Brazil

Arguments that lean manufacturing can positively relate with the operational performance of companies have been spreading the literature since the 1990s. However, there is a theoretical and empirical gap on this issue that needs further empirical evidence to validate or refute these arguments to the Brazilian reality. Hence, this research aims to, empirically, verify if the lean manufacturing positively influences the performance of the operations of companies in the Brazilian automotive industry, focusing on the segment of automotive parts and components. Methodologically, we carried out a survey of 75 companies in the mentioned sector. The data were analyzed using Structural Equation Modeling, a second-generation multivariate analysis. The main results of this research are: in fact, lean manufacturing positively affects the operational performance of the studied companies, validating the main hypothesis stated in this article, but this relation is just considered weak, although positive; all lean manufacturing practices analyzed were encountered in the reality, especially for the variable “continuous improvement”, with the highest average and the correlation between the adoption of *Kanban* and *Just in Time*; the operational performance construct has some practices/measures identified by the literature, which have not been validated by the studied sector, as innovation (new products) and quality.

Keywords: lean manufacturing, operational performance, structural equation modeling, Brazil.

RESUMEN

La relación entre la manufactura lean y rendimiento operativo de las empresas del sector del automóvil en Brasil

Argumentos de que la manufactura esbelta se puede relacionar positivamente con el desempeño operacional de las empresas se vienen propagando por la literatura especializada desde la década de 1990. Entre tanto, hay una laguna teórico-empírica sobre tal temática, que carece de más evidencias que validen o refuten tales argumentos para la realidad brasileña. Por eso, esta investigación tiene el objetivo de verificar, empíricamente, si la manufactura esbelta se relaciona con el desempeño de las operaciones de empresas del sector automotor brasileño, con foco en el segmento de piezas y componentes automotores. Metodológicamente, se realizó un *survey* con 75 empresas del sector mencionado, cuyos datos fueron analizados por medio de Modelado de Ecuaciones Estructurales, un análisis multivariado de segunda generación. Los principales resultados de esta investigación son: de hecho, la manufactura esbelta se relaciona positivamente con el desempeño operacional del sector, validando la principal hipótesis declarada en este artículo, pero esa relación es considerada apenas débil, aunque positiva y estadísticamente válida; todas las prácticas de manufactura esbelta analizadas fueron verificadas en la práctica, destacándose la variable “mejora continua”, que presentó mayor media, y la correlación entre la adopción de *Kanban* y *Just in Time*; el constructo sobre desempeño operacional presenta algunas prácticas/medidas indicadas por la literatura especializada que no fueron estadísticamente consideradas válidas, como innovación (nuevos productos) y calidad.

Palabras clave: manufactura esbelta, desempeño operacional, modelado de ecuaciones estructurales, Brasil.



RAUSP

Revista de Administração

Visite o site da RAUSP. Acadêmicos e profissionais ligados ao estudo da Administração podem contar com essa importante ferramenta de pesquisa.

Pesquise, envie seu artigo, entre em contato com a RAUSP.

www.rausp.usp.br

APÊNDICE I

Questionário Utilizado na Pesquisa

Questão: Assinale a alternativa que melhor expressa o seu nível de concordância em relação a afirmações sobre o desempenho operacional da sua empresa (últimos três anos).

Desempenho Operacional	Discordo Totalmente	Discordo (Parcialmente)	Nem Discordo, Nem Concordo	Concordo (Parcialmente)	Concordo Totalmente
OP1 – Reduzimos os custos operacionais (fornecimento, produção e entrega)					
OP2 – Reduzimos o tempo necessário para criar e entregar novos produtos					
OP3 – Aumentamos o lançamento de novos produtos					
OP4 – Aumentamos a qualidade do produto (atendimento aos requisitos)					
OP5 – Aumentamos a flexibilidade para se adaptar aos diferentes pedidos dos clientes					
OP6 – Melhoramos nossa capacidade para atender os prazos dos clientes					

Questão: Assinale qual é o nível de implementação na sua empresa das práticas de “Produção Enxuta” listadas na primeira coluna.

Manufatura Enxuta	Não Implementado	Começando a Implementar	Parcialmente Implementado	Consideravelmente Implementado	Completamente Implementado
LM1 – Envolvimento do trabalhador no processo produtivo					
LM2 – Busca sistemática da melhoria contínua na produção					
LM3 – 5S (separar/organizar/limpar/padronizar/manter)					
LM4 – Manutenção produtiva total dos equipamentos					
LM5 – <i>Kanban</i> (sistema puxado)					
LM6 – <i>Just in Time</i> (busca manter o fluxo contínuo)					
LM7 – Redução de estoque					
LM8 – <i>Círculo Kaizen</i> (grupos de discussão para melhorar processos)					
LM9 – Colaboração com fornecedores					